



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI
CAMPUS PROF. ALEXANDRE ALVES DE OLIVEIRA
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA



**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREAS CULTIVADAS SOB MANEJO
AGROECOLÓGICO, ÁREA DEGRADADA E ÁREA DE VEGETAÇÃO NATIVA**

PARNAÍBA – PIAUÍ
2013

CLELSON CARVALHO LOPES

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREAS CULTIVADAS SOB MANEJO
AGROECOLÓGICO, ÁREA DEGRADADA E ÁREA DE VEGETAÇÃO NATIVA**

Monografia apresentada à Coordenadoria do Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Estadual do Piauí - UESPI, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Valdinar Bezerra dos Santos

**PARNAÍBA – PLAUÍ
2013**

CLELSON CARVALHO LOPES

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREA CULTIVADA SOB MANEJO
AGROECOLÓGICO, ÁREA DEGRADADA E ÁREA DE VEGETAÇÃO NATIVA**

Membros da comissão julgadora do trabalho de conclusão de curso de **CLELSON CARVALHO LOPES**, apresentado ao Curso de Eng. Agrônômica da Universidade Estadual do Piauí – UESPI.

Data da aprovação: ____ - ____ - ____

Orientador: Prof. Dr. Valdinar Bezerra dos Santos
Eng. Agrônomo- UESPI

Primeiro avaliador: Prof. Dr. Adriano da Silva Almeida
Eng. Agrônomo- UESPI

Segundo avaliador: Dr. Herrony Ulisses Mehl
Pesquisador – Embrapa Meio Norte

A meus pais João de Deus e Maria Ester, por terem contribuído para que eu viesse ao Mundo e a meus queridos irmãos Valquíria, Rayane, Vanessa, Kalline e Raylson.

Dedico Este Trabalho

A toda minha família e em especial minha avó Maria e meu avô Bernardo, por todo o carinho e apoio, força e incentivo e aos meus Tios Jesus Cardoso e Domingos Diniz, por tudo.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

A “Deus”

Por tudo e por estar sempre comigo ao longo desta caminhada, pela força e coragem que me destes e por não me deixar desistir quando encontrei – me diante dos obstáculos.

A toda minha família, pela força e apoio que sempre me dão. Todos sem exceção contribuíram para esse momento. Agradeço a todos por tudo.

Ao prof. Dr. Valdinar bezerra dos santos, pela oportunidade dada em desenvolver esse trabalho, pelo tempo prestado durante a execução das análises no laboratório e também durante todo o curso. O meu muito obrigado.

A todos os professores da Universidade Estadual do Piauí (UESPI) efetivos ou não, que de alguma forma, ao longo desses 5 anos compartilharam com seus conhecimentos. O meu muito obrigado a todos.

A direção do Campus Alexandre Alves de Oliveira, em especial a Profa. Rosineide Candeia de Araújo pela amizade, oportunidade, carinho e apoio.

Aos colegas de turma pelos momentos e em especial a meus amigos Johnston e Cláudio pela colaboração no laboratório.

Ao produtor Sr.Raimundo Rego por disponibilizar a área para a realização desse trabalho.

Porque Andamos Por Fé e Não Por Vista (II COR. 5/7).

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREAS CULTIVADAS SOB MANEJO AGROECOLÓGICO, ÁREA DEGRADADA E ÁREA DE VEGETAÇÃO NATIVA

Autor: Clelson Carvalho Lopes

Orientador: Prof. Dr. Valdinar Bezerra dos Santos

RESUMO: A exploração agrícola com o passar do tempo conduz ao aumento da heterogeneidade do solo por meio de modificações, como desmatamento, preparo do solo, alternância de culturas, uso de fertilizantes e incorporação de resíduos orgânicos, fazendo com que uma mesma área com cultivo ou não em distintos sistemas de manejos apresente variação nos atributos químicos do solo. Esse trabalho foi desenvolvido no município de Esperantina (PI), com o objetivo de avaliar o comportamento de atributos químicos em diferentes sistemas de manejo em 03 diferentes áreas: área sob manejo agroecológico (AMA – 3 e 6 anos) e área degradada (AD) comparadas com área de vegetação nativa (AVN). As amostras de solo coletadas nas respectivas áreas foram feitas a partir da abertura de pequenas trincheiras na profundidade de 0 a 0,05m em quatro pontos de coletas, considerada como repetições. Os atributos avaliados foram: Carbono orgânico (CO), Potencial hidrogeniônico do solo (pH), alumínio trocável (Al^{3+}), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+) e potássio (K^+), hidrogênio + alumínio ($H^+ + Al^{3+}$), fósforo (P) e cálcio (Ca^{2+}). O carbono orgânico contido nas áreas sob manejo agroecológico é considerado satisfatório em relação a área sob vegetação nativa. Não houve diferença significativa do pH na área de vegetação nativa, ocorrendo diferença estatística apenas na AMA- 6 anos. Para a acidez potencial não houve diferença estatística entre AMA- 6 anos e a área de vegetação nativa. Para o potássio houve diferença estatística entre AMA- 3 anos e AVN, porém não houve diferença significativa entre as mesmas. Em relação ao sódio houve diferença estatística entre AVN e as demais áreas. Para o fósforo não houve diferença significativa entre AMA- 3 e 6 anos, havendo diferença significativa entre AVN e AMA- 3 anos.

Palavras- Chave: qualidade do solo, fertilidade, acidez, carbono orgânico.

**CHEMICAL ATTRIBUTES OF SOIL IN CULTIVATED AREA IN
AGROECOLOGICAL MANAGEMENT, DEGRADED AND AREA AREA NATIVE
VEGETATION**

Author: Clelson Carvalho Lopes
Adviser: Prof. Dr. Valdinar Bezerra dos Santos

ABSTRACT: The agricultural operation over time leading to increased heterogeneity of the soil by modifications such as deforestation, soil preparation, cultures alternating use of fertilizers and incorporation of organic waste, causing the same crop area or not in different systems managements present variation in soil chemistry. This work was developed in Esperantina (PI), with the objective of evaluating the behavior of chemical attributes in different management systems in 03 different areas: area under agro-ecological management (AMA – 03 and 06 years) and degraded area (AD) compared with area of native vegetation (AVN). Soil samples collected in the respective areas were made from the opening of small trenches in the 0 to 0.05 m in four collection points, considered as replications. The attributes evaluated were: organic carbon (CO), hydrogen potential of the soil (pH), exchangeable aluminum (Al^{3+}), calcium (Ca^{2+}) and magnesium (Mg^{2+}), sodium (Na^{+}) and potassium (K^{+}), hydrogen and aluminum ($H^{+} + Al^{3+}$), phosphorus (P) and calcium (Ca^{2+}). The organic carbon content in the areas under agroecological management is considered satisfactory in terms of the area under native vegetation. There was no significant difference in pH in the area of native vegetation occurring statistical difference in AMA-6 years. For potential acidity was no statistical difference between AMA-six years and the area of native vegetation. For potassium was no statistical difference between three years and AMA-AVN, but there was no significant difference between them. Regarding sodium statistical difference between AVN and other areas. To match there was no significant difference between AMA-3 and 6, no significant difference between AVN and AMA-3 years.

Key- words: Chemical attributes, Fertility, Agro-Ecological Management.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição das áreas e histórico de cultivos ao longo dos anos com 3 e 6 anos sob manejo agroecológico(AMA), área degradada (AD) e área de vegetação nativa (AVN).....	26
Tabela 2. Carbono orgânico(CO) em amostras de solo em área degradada, áreas sob sistema de manejo agroecológico e área de vegetação nativa, no Pé da Ladeira Esperantina, Piauí...	31
Tabela 3 Potencial de hidrogênio (pH) em área degradada, área sob sistema de manejo agroecológico e área de vegetação nativa, no pé da ladeira Esperantina, Piauí.	32
Tabela 4 Acidez potência do solo (H + Al) em amostras de solo em área degradada, áreas sob sistema de manejo agroecológico e área de vegetação nativa, no Pé da Ladeira Esperantina, Piauí.	34
Tabela 5 Potássio no solo(K) em área degradada, área sob sistema de manejo agroecológico e área de vegetação nativa, no pé da ladeira Esperantina, Piauí.	35
Tabela 6 Sódio no solo (Na) em área degradada, área sob sistema de manejo agroecológico e área de vegetação nativa, no pé da ladeira Esperantina, Piauí.	36
Tabela 7 Fósforo no solo(P) em área degradada, área sob sistema de manejo agroecológico e área de vegetação nativa, no pé da ladeira Esperantina, Piauí.	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Atributos químicos do solo	12
2.2 Matéria orgânica	14
2.3 Fertilidade do solo.....	15
2.4 Efeitos dos sistemas de manejo sobre os atributos químicos do solo	16
2.5 Importância do manejo agroecológico para melhoria da qualidade do solo.....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 Localização e caracterização da área em estudo	25
3.2 Amostragem de solo representativa das áreas.....	25
3.2.1 Amostragem de solo	25
3.2.2 Descrição das áreas em estudo.....	25
3.2.3 pH e Acidez Potencial.....	27
3.2.4 Alumínio Trocável.....	27
3.2.5 Cálcio e Magnésio	28
3.2.6 Sódio, Potássio e Fósforo	29
3.2.7 Carbono Orgânico Total	29
3.3 Delineamento Experimental.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Análises químicas das áreas	31
4.1.1 Carbono Orgânico Total	31
4.1.2 Potencial de Hidrogênio.....	32
4.1.3 Acidez Total.....	34
4.1.4 Potássio	35
4.1.5 Sódio	36
4.1.6 Fósforo	37
5 CONCLUSÃO.....	39
6 REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

A implantação de atividades agrícolas e a introdução de novas áreas vêm constantemente modificando a vegetação original de grande parte do território brasileiro nas últimas décadas, em virtude do crescente consumo de alimento e a preocupação em cada vez mais aumentar e produzir alimento para suprir a necessidade das populações que não para de aumentar. Com as mudanças no uso do solo, as vegetações naturais são cada vez mais modificadas, principalmente pela conversão de ecossistemas nativos em agroecossistemas, resultado da intervenção humana, tendo isso se tornado cada vez mais relevante para a humanidade no que se refere à sustentabilidade dos recursos ambientais. A agricultura convencional tem provocado sérios problemas ao meio ambiente devido ao maciço uso de pacotes tecnológicos herdados da revolução verde ocorrida na década de 1950, com a utilização de consideráveis quantidades de insumos industriais que quando não são utilizados de maneira correta provocam acidez aos solos. O solo é importante para as plantas porque através de várias ações químicas, físicas e biológicas, cria um ambiente apto a transformar as rochas e sais minerais em nutrientes e com uma concentração e velocidade adequada para disponibilizar para as culturas.

Os sistemas agrícolas são expostos a ações naturais e antrópicas podendo estas serem benéficas ou prejudiciais e os efeitos prejudiciais afetam diretamente a agricultura. Dentre estes citam-se: O desbalanço entre nutrientes no solo destacando-se como um dos que mais afetam as culturas, pois limita o desenvolvimento das plantas; Remoção de bases, em que ocorre a perda por processos de lixiviação; Erosão; e por consumo das próprias culturas, resultando no aumento de formas trocáveis de H^+ e Al^+ no complexo de troca do solo tornando-o inapto ao cultivo.

A partir da necessidade de se ter maiores produções, os solos devem ser explorados de forma que os sistemas de manejo garantam a sustentabilidade da exploração, caso contrário, grande parte dos solos cultivados se esgotarão e entrarão em processo de degradação. As mudanças no uso da terra podem levar a alterações dos constituintes químicos, pois os diferentes atributos indicadores de qualidade do solo têm comportamentos bastante diferenciados ao longo das áreas cultivadas, devido, entre outros fatores às perturbações provocadas pelo manejo.

O uso de características químicas do solo para avaliar mudanças ocorridas em função dos diferentes tipos de exploração vem sendo utilizado há vários anos com a finalidade de identificar a maneira mais adequada de exploração sem que ocorra excessiva perturbação do

solo. A matéria orgânica possui estreita relação com a qualidade de um solo, estando diretamente relacionada com suas características química, física e biológica, sendo essencial para manter a fertilidade dos agroecossistemas. O equilíbrio dos atributos químicos em quantidades balanceadas no solo é também fundamental na dinâmica e interação entre solo e plantas com reflexos positivo na estabilidade do solo, na produtividade agrícola e consequentemente na sustentabilidade dos sistemas.

O solo é considerado um recurso vital para os agroecossistemas no qual acontecem os processos e ciclos de transformações químicas, físicas e biológicas e que quando é mal explorado pode acarretar em degradação de todo o ecossistema. A fertilidade está relacionada com a nutrição mineral das plantas, no que diz respeito ao poder de fornecimento de nutrientes pelo solo e a absorção dos mesmos em quantidades suficientes. Para isso, os teores de bases trocáveis adequados no solo como, Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K) e Sódio (Na) fornecem suporte a uma adequada nutrição e produtividade, devido às funções essenciais que exercem no complexo de troca catiônica, com concentrações mais expressivas do cálcio e do magnésio.

O manejo, visando à conservação e a recuperação dos recursos naturais é uma preocupação que atualmente mobiliza o mundo inteiro, pois os impactos são sentidos não apenas em escala local, mas também regional e mundial. Como alternativas tem-se o manejo orgânico e também o agroecológico que tem se destacado nos últimos anos como sendo eficiente para a preservação dos solos e água, sobretudo, respeitando a biodiversidade local na busca do equilíbrio e funcionamento do ecossistema com a manutenção da produtividade das culturas, da sanidade de plantas e dos animais. Com a incorporação de resíduos vegetais tem-se acúmulo de adubo orgânico que é essencial para a fertilidade dos solos, sendo relevante para os sistemas agrícolas, devido sua influência nos atributos químicos, físicos e biológicos. Somam benefícios, sobretudo, de forma positiva e equilibrada, com aumento do potencial produtivo por meio da maior disponibilidade de nutrientes.

A avaliação dos atributos químicos de um solo a partir de amostras representativas torna-se necessária quando se deseja conhecer e identificar a real condição dos constituintes químicos da fertilidade presente em uma área, sendo capaz de orientar sobre as condições e o potencial dos solos para a agricultura. Através da determinação do teor de matéria orgânica no solo é possível definir o manejo mais adequado e que seja favorável à sustentabilidade dos recursos naturais, ao meio ambiente e que consequentemente contribui para a melhoria da qualidade de vida. Diante disso, esse trabalho objetivou avaliar atributos químicos do solo em área submetida a manejo agroecológica e área degradada, sendo a área de vegetação nativa a

principal referência no que se refere à estabilidade, equilíbrio e qualidade de fertilidade do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Atributos químicos do solo

Nas regiões tropicais a incorporação de áreas ao processo de produção agrícola, em especial de culturas anuais, cultivadas no sistema convencional com revolvimento do solo e reduzida incorporação de resíduos tem contribuído decisivamente para o processo de degradação das propriedades do solo, ocasionando queda de produtividade dos cultivos, elevação dos custos de produção e redução da qualidade ambiental (ARANTES et al., 2012). Os indicadores químicos retratam parâmetros que são responsáveis pelos processos naturais do funcionamento do solo, como a matéria orgânica que influencia a lãiteira, a biomassa microbiana do solo, o pH com a disponibilidade de nutrientes e o conteúdo de nutrientes com a produção de biomassa (ARAGÃO et al., 2012).

A produtividade agrícola de uma área é influenciada por vários fatores, dentre eles a fertilidade dos solos, que podem ser naturalmente férteis ou se tornarem férteis por meio de um manejo adequado que promove a construção do solo fertilidade. Para isso é necessário se conhecer e quantificar a variação das suas propriedades químicas (MENDES et al., 2007). A maioria dos atributos do solo tem estreita relação com a matéria orgânica e tem influencia relevante na estabilidade dos agregados, na estrutura, infiltração e retenção de água, resistência a erosão, atividade biológica, capacidade de troca de cátions (CTC), disponibilidade de nutrientes, lixiviação e outros. A qualidade da fertilidade dos agroecossistemas condiciona o potencial produtivo de um solo e encontra-se diretamente relacionada com a presença dos constituintes químicos essenciais às plantas, que podem sofrer variações no solo ou mesmo serem esgotados com os sucessivos cultivos se não forem adotadas medidas e práticas que devolva ao solo tudo o que é absorvido pelas plantas durante o ciclo de produção.

Os sistemas de manejo do solo considerados conservacionistas, têm se apresentado como a principal alternativa viável para assegurar a sustentabilidade do uso agrícola do solo (OLIVEIRA, 2013). O uso e manejo do solo e da cultura são importantes condicionadores da variabilidade de atributos do solo (CAVALCANTE et al., 2007). Os diferentes sistemas de cultivo ocasionam mudanças na composição e arranjo dos constituintes do solo, que em alguns casos, reduzem a produtividade das culturas (SILVA et al., 2006). Em decorrência do contínuo processo produtivo os solos agrícolas têm suas propriedades alteradas, sendo capazes de influenciar o direcionamento da sucessão vegetal e a da composição florística

(FERREIRA et al., 2007). Primavesi, (1992) comenta que a presença de uma espécie vegetal em determinado local é indicadora de uma condição química ou física própria daquele solo, ideal a uma espécie.

A ausência ou a redução do revolvimento do solo pode favorecer acúmulo superficial de nutrientes, causado também pela deposição de resíduos na superfície, bem como o modo de aplicação de adubos no solo e o menor grau de mistura dos mesmos. A menor mobilização do solo pode favorecer o acúmulo de Ca, Mg, K, P e Carbono orgânico(CO) (BAYER e BERTOL, 1999), nas camadas mais superficiais e a relação entre o manejo e a qualidade do solo pode ser avaliada pelo seu efeito nas propriedades químicas e biológicas do mesmo. A pressão exercida nos solos no decorrer do ciclo das culturas e a dinâmica dos processos e reações que ocorre de acordo com o manejo possui estreita ligação com a preservação dos recursos solo e limita a reabertura de novas áreas para cultivos. Os sistemas de manejo conservacionistas criam ambiente no solo diferente daquele encontrado no sistema convencional, resultante dos efeitos dos resíduos superficiais e da reduzida movimentação do solo. Em estudo realizado por CARNEIRO et al. (2009), em áreas de vegetação nativa de Cerrado convertidas em pastagem ou área de cultivo de grãos, observaram que os atributos químicos e microbiológicos do solo são alterados.

NOGARA NETO et al., (2011) ao avaliarem a importância de atributos de solo na variação espacial de produtividade de grãos de milho, reportaram que o equilíbrio de bases foi importante para a nutrição de plantas de milho com reflexos na produtividade. Os efeitos proporcionados pelos compostos orgânicos dos resíduos vegetais de plantas de cobertura sobre a química do solo são transientes. No entanto, podem mitigar os efeitos acidificantes causados por grupos carboxílicos e fenólicos gerados durante a decomposição de resíduos vegetais, pela reação dos adubos nitrogenados amídicos e amoniacais (processo de nitrificação) e pela exportação de minerais como Ca, Mg e K, pelas colheitas. SILVEIRA et al., (2010) relatam que a adição de resíduos vegetais pode promover, antes da humificação, a elevação do pH por promover a complexação de H e Al com compostos do resíduo vegetal deixando Ca, Mg e K mais livres em solução, o que pode ocasionar aumento na saturação da CTC por estes cátions de reação básica. A literatura tem mostrado através de vários trabalhos que há variações dos atributos químicos no solo em função do tipo de exploração, tempo, manejo, clima, regime hídrico, plantas de cobertura e outros.

2.2 Matéria orgânica

A importância da matéria orgânica do solo para os diversos processos físicos, químicos e biológicos é amplamente reconhecida na literatura. A MO desempenha várias funções no ambiente, e especialmente na ciclagem e retenção de carbono, armazenamento de água e agregação, fatores esses determinantes para a manutenção e melhoria da qualidade do solo e do ambiente. Assim, pela importância das suas funções o monitoramento dos estoques de carbono orgânico tem sido considerado um dos principais indicadores de qualidade (D'ADREA, 2006). Apesar de a matéria orgânica encontrar-se em baixo teor na maioria dos solos, quando é bem manejada em quantidade e qualidade da matéria orgânica levam a um aumento na disponibilidade de nutrientes e na diversidade biológica, além de melhorar as propriedades físicas e químicas do solo. Em decorrência do grande impacto dos sistemas de uso do solo nas condições ambientais, sistemas conservacionistas tem sido propostos com o intuito de reduzir as modificações nos ambientes necessárias ao processo de produção de alimentos e fibras.

A importância da MO para os diversos processos físicos, químicos e biológicos é amplamente reconhecida e desempenha diversas funções no ambiente, estando ligada também a processos fundamentais como a agregação do solo e dinâmica da água. Sua perda pode interferir drasticamente nesses processos, dificultando o desempenho das funções do solo, provocando desequilíbrios no sistema e, conseqüentemente, desencadeando o processo de degradação. O processo de perda de MO pode ser desencadeado por vários fatores e dentre eles destacam-se: liberação de CO₂ na respiração, decomposição dos resíduos do solo, revolvimento do solo, desmatamento e queima dos resíduos. A sua influência sobre as características do solo e a sensibilidade às práticas de manejo determinam que a matéria orgânica seja considerada um dos principais parâmetros na avaliação da qualidade do solo (DORAN e PARKIN, 1994).

O húmus apresenta elevada CTC, o que resulta no aumento do poder tampão do solo (RAIJ, 1983). A MO controla as propriedades chave do solo, em particular, aquelas associadas à disponibilidade de nutrientes às plantas, à capacidade de retenção hídrica e à fertilidade que a torna indispensável, além de seu papel no ciclo global de Carbono. Em solos sob vegetação natural a preservação da MO tende a ser máxima, pois o revolvimento do solo é mínimo, sendo que o aporte de carbono nas florestas é mais elevado do que em áreas cultivadas. Em áreas cultivadas, os teores de MO, via de regra, diminuem, já que as frações

orgânicas são mais expostas ao ataque de microrganismos, em função do maior revolvimento e desestruturação do solo (RESCK et al., 1991).

Portanto, as modificações no teor de MO, tanto em quantidade como em qualidade tem implicações gradual nos atributos químicos dos solos. Em trabalho realizado por MUZILLI, (1983); SIDIRAS (1985), conduzidos no Estado do Paraná, foram observados aumentos significativos no teor de matéria orgânica na camada de 0 a 5 cm em um Latossolo Roxo após 5 anos sob Sistema de Plantio Direto, em comparação com o Sistema de Plantio Convencional.

2.3 Fertilidade do solo

A fertilidade é a capacidade de um solo em fornecer nutrientes às plantas, nas quantidades adequadas e proporção exigida. É apenas um entre vários fatores que determinam a magnitude do rendimento da cultura, interferindo na produtividade agrícola. (RONQUIM, 2010). São 13 os nutrientes essenciais às plantas absorvidos a partir do solo: N, P, K, Ca, Mg, S, boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), Fe, Mn, zinco (Zn) e molibdênio (Mo), todos desempenhando papéis vitais no metabolismo vegetal determinando diretamente, portanto, a produtividade agrícola.

Apesar da fertilidade química intrinsecamente baixa da maioria dos solos e do conteúdo relativamente baixo de carbono (C) na maior parte das regiões os solos em geral têm boa estrutura física. Isso, juntamente com a biota complexa, especializada e muito ativa do solo pode manter a fertilidade natural dos solos se ele for mantido coberto e protegido contra impactos diretos do sol e da chuva, como ocorre sob a cobertura florestal natural (LUIZÃO et al., 2009).

A insuficiência de conhecimento apropriado sobre solos e manejo de cultivo ou pastagem resulta em cultivos de curta duração (em geral de 2 – 3 anos) ou pastagens (a maioria de 5 a 10 anos), que são abandonadas ou colonizadas com crescimento secundário espontâneo (“capoeira”). Após um período de pousio, um novo cultivo ou pastagem se estabelece, e novamente ocorre a derruba e queima para a limpeza da terra. Nas terras abandonadas o desenvolvimento da biomassa do segundo crescimento e a diversidade de espécies dependerão do uso anterior da terra (métodos de limpeza, intensidade do uso e manejo) e da extensão da área cultivada (MORAN et al., 2000).

Segundo DELARME LINDA et al., (2012) a sucessão de diferentes cultivos contribui para a manutenção do equilíbrio dos nutrientes no solo e para o aumento da sua fertilidade,

além de permitir uma melhor utilização dos insumos agrícolas. A fertilidade está diretamente ligada à presença de matéria orgânica no solo, seja ela viva ou morta. Essa matéria pode ser entendida como o que dá vida à terra. Portanto, sem a sua existência o solo não é capaz de sustentar lavouras ou qualquer outra atividade agrícola.

2.4 Efeitos dos sistemas de manejo sobre os atributos químicos do solo

As florestas nativas possuem significativa importância para a biodiversidade e proteção de solos e água, estando a cobertura vegetal original de uma determinada região diretamente ligada às características do clima que abrange o espaço. Dessa forma, algumas espécies vegetais conseguem desenvolver-se adaptadas a condições climáticas de característica úmida, ao contrário de outras que se desenvolvem em condições mais secas. A mudança da vegetação natural para sistema de exploração agropecuária tem sido constantemente associada como uma das principais práticas responsáveis por deixarem o solo com qualidade inferior, comprometendo a sustentabilidade dos recursos e causando grandes impactos ao meio ambiente. Além do manejo químico da fertilidade dos solos, o manejo das propriedades físicas é também de grande importância. O manejo físico dos solos é altamente relevante à sua fertilidade, produtividade agrícola e à qualidade ambiental (LAL, 2000). Em geral, as variações dos atributos do solo na vegetação nativa são pequenas quando se compara com solos em constante uso agrícola e por isso a vegetação nativa tem sido um referencial para avaliação de solos incorporados a sistemas de produção.

Os atributos químicos de qualidade do solo refletem de forma mais imediata o efeito do manejo que é dado ao solo. Além disso, permitem uma melhor compreensão da dinâmica dos elementos considerados nutrientes para as plantas e organismos. O uso do solo na agricultura, depois de retirada da vegetação natural, tem frequentemente mostrado alterações químicas e biológicas, as quais são dependentes das condições do solo, do clima, do tipo de cultura e das práticas culturais adotadas (NOGUEIRA et al., 2012). Segundo LOURENTE et al., (2011) constataram em estudo que a substituição da vegetação nativa por sistemas de cultivo pode causar importantes alterações nos atributos químicos do solo já no primeiro ano de implantação. Ainda Segundo JUNIOR (2008) quando uma área de vegetação nativa de Cerrado, por exemplo, é convertida em pastagem ou área de cultivo de grãos, os atributos químicos e microbiológicos do solo são alterados.

Do ponto de vista da química do solo o desmatamento reflete na quantidade de matéria orgânica e na fertilidade e altera o regime de umidade do solo, embora

momentaneamente a matéria orgânica possa aumentar como resultado de introdução de biomassa morta (CUNHA et al., 2003). Em condições naturais o solo coberto por vegetação é pouco sujeito a processos de degradação, devido à manutenção do equilíbrio ambiental existente. Quando esta é destruída para ocupação do solo pela agricultura ou outras atividades ocorrem perda de matéria orgânica e nutriente e redução da infiltração de água, fazendo com que o solo perca uma de suas mais importantes funções, que é a de atuar como filtro ambiental (NOGUEIRA et al., 2012). De acordo com SOUZA E ALVES (2003), a substituição da vegetação natural por culturas agrícolas provoca desequilíbrio no ecossistema, já que o manejo adotado influenciará nos processos físico, químicos e biológicos, podendo modificar suas características e, muitas vezes, propiciar sua degradação.

Todas as formas de agricultura provocam mudanças no comportamento e na dinâmica dos ecossistemas, limitando dessa forma as suas funções de autoregulação dos mesmos. A literatura tem mostrado através de inúmeros trabalhos que as mudanças de ação antrópica ocasionada pela atividade silvoagropastoril causam um aumento na ciclagem de substâncias de ocorrência natural, promovendo a necessidade de introdução de substâncias sintéticas no ambiente e a eliminação da cobertura natural do solo afetando a diversidade biológica. Trabalhando com a cultura da cana-de-açúcar na Nova Guiné, HARTEMINK, (1998) encontrou que o uso do solo durante 17 anos com a cultura provocou alterações em propriedades químicas e físicas, indicando um sistema insustentável ao longo do tempo. Suas principais alterações foram diminuição nos teores de matéria orgânica (MO), fósforo, potássio, CTC (capacidade de troca de cátions) e aumento na densidade do solo.

BAYER e MIELNICZUK, (1997) concluíram em trabalho que a utilização de sistemas de manejo do solo sem revolvimento e alta adição de resíduos culturais por cinco anos foi capaz de promover melhorias na qualidade química do solo, indicando a sua viabilidade na recuperação de solos degradados, em médio prazo. Algumas propriedades físicas do solo como, por exemplo, a porosidade e a aeração são de grande importância aos processos químicos que ocorrem no solo sendo favorável à retenção da solução e a difusão de nutrientes. Uma importante alternativa para a manutenção da qualidade do solo é a incorporação de resíduos em sua superfície, que contribuem para a melhoria na sua estruturação (CALEGARI, 2006). Isso estar relacionado ao aumento da estabilidade dos agregados, aumento da capacidade de retenção de água, aumento da porosidade, aeração, menores perdas de água por evaporação e diminuição da densidade pelo efeito da matéria orgânica. Como em áreas nativas não há perturbações do ambiente as características natas do

solo mantém-se inalteradas, apenas ocorrendo processos de modificações naturais sucessivos e normais de transição e renovação dos atributos químicos e biológicos.

O recurso solo é responsável pelas boas produtividades da agropecuária, pela manutenção da qualidade do meio ambiente e, conseqüentemente pela sanidade de plantas, animais e seres humanos. No entanto, sua utilização inadequada, sobretudo, por meio da adoção de sistemas convencionais tem ocasionado a degradação de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, como, por exemplo, a desestruturação e compactação, a redução da fertilidade, a oxidação acelerada da matéria orgânica e a diminuição da quantidade e diversidade de organismos do solo (IWATA, 2012).

A degradação é um processo que tem ocasionado grandes prejuízos aos solos devido às diversas formas de exploração e atinge principalmente os agroecossistemas, com perdas da eficiência da agricultura e conseqüentemente da produção de alimentos. Um Solo degradado é aquele que sofreu modificação em sua natureza, quer tal mudança tenha sido física, química ou biológica como consequência de alterações climáticas causadas por fatores naturais ou em decorrência de ação antrópica (MMA, 2005). Geralmente, o processo de degradação inicia-se de maneira localizada, podendo formar áreas desertificadas.

As atividades humanas são as principais causas que levam a degradação dos solos. O desmatamento é o princípio desse processo, em que a vegetação natural dá lugar ao cultivo agrícola, à pastagem ou a construções de obras de engenharia para edificações de estradas, edifícios e barragens. Um dos grandes problemas ambientais do semiárido nordestino é a desertificação, resultado da degradação do solo devido à destruição da vegetação. Dentre as atividades humanas que desencadeiam o processo de degradação ambiental na região semiárida do nordeste estão as explorações excessivas dos recursos madeireiros, a pecuária extensiva com sobrepastejo dos animais, o uso descontrolado do fogo como método de limpeza de áreas para pastos e agricultura, técnicas imprópria de cultivos agrícolas e usos de máquinas, uso descontrolado de defensivos agrícolas contaminando rios e água do subsolo e a não preocupação com a coleta ou reciclagem dos resíduos tóxicos, dentre outras. O processo de desertificação aumentou de 900 quilômetros quadrados para 1,3 milhões, entre os anos de 2003 a 2007, segundo dados do programa de combate à desertificação (MMA, 2005). O número equivale a 15,7% de todo o território nacional.

É um processo cumulativo com efeito depressivo sobre os aspectos ambientais, socioeconômicos e culturais que atuam sobre a terra, deixando-a fragilizada e gerando a perda ou redução da diversidade natural, diminuição da produção, salinização, erosão, sedimentação, assoreamento de rios e imigração da população rural. Os biomas Amazônia e

cerrado vem sendo constantemente submetidos a ação humana e conseqüentemente ao processo de degradação, que por meio do desmatamento dão lugar a grandes fazendas e produções de pastagens, mineração, extração de madeiras, abertura de estradas e mesmo urbanização e a grandes áreas agropastoris e produção de grãos, respectivamente (MARGULIS, 2003).

De acordo com estudo realizado pela Organização das Nações Unidas Para Agricultura e Alimentação (FAO, 2011), a degradação do solo vem aumentando em gravidade e extensão, afetando mais de 20% das terras agrícolas, 30% das florestas e 10% dos pastos. Cerca de 1,5 bilhão de pessoas – um quarto da população mundial – dependem diretamente dos solos que estão sendo degradados. Cerca de 22% das terras em processo de degradação estão em zonas ou muito áridas ou sub úmidas secas, enquanto 78% estão em regiões úmidas, sendo a principal causa da degradação do solo a má gestão da terra.

Cerca de 25% dos solos do planeta estão degradado, (FAO, 2011). O impacto coletivo das pressões e as conseqüentes transformações agrícolas colocam alguns sistemas de produção em risco de colapso tanto do ponto de vista da sua integridade ambiental como da própria capacidade produtiva, podendo os sistemas simplesmente não serem capazes de responder à demanda da população mundial até 2050. Embora nos últimos 50 anos tenham-se testemunhado um notável aumento na produção alimentar, em muitos locais, as conquistas têm sido associadas a práticas de gestão que têm degradado os sistemas solo e água, sobre os quais a produção alimentar depende.

Entre 1961 e 2009, as terras cultiváveis no mundo cresceram 12%, enquanto a produção agrícola aumentou cerca de 150%, graças a um crescimento significativo da produtividade das principais culturas. Mas um dos "sinais de alerta" apontado pela FAO é que as taxas de crescimento na produção agrícola foram diminuindo em muitas áreas e hoje são apenas metade do que eram no auge da Revolução Verde. A FAO estima que em 2050 o crescimento da população e da renda vai exigir um aumento de 70% da produção global de alimentos. Isso equivale a mais 1 milhão de toneladas de cereais e 200 milhões de toneladas de produtos de origem animal produzidos anualmente.

O surgimento de áreas degradadas no Brasil aumenta consideravelmente ao longo dos anos, ocasionando inúmeros prejuízos ao meio ambiente (BEZERRA et al., 2006). Entre as causas responsáveis associadas à degradação e que contribuem para o surgimento desse fenômeno estão a exploração contínua e ausência de práticas conservacionista, utilização de práticas inadequadas, cultivos de espécies improprias, inaptidão do solo para a cultura, baixa fertilidade dos solos e falta de práticas que renovem as reservas nutricionais do solo. Estima-

se em mais de 200 milhões de hectares de solo degradado no Brasil, apresentando cerca de 30 milhões de hectares de pastagens em algum estágio de degradação, com baixa produtividade de alimento animal, resultando em impacto imediato sobre a fertilidade do solo.

Diante disso, o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), com apoio do governo federal têm como meta recuperar cerca de 15 milhões de hectares de áreas de pastagens degradadas entre os anos de 2010 e 2020. Dentre as ações em execução pelo Ministério da Agricultura para a recuperação de solos definem-se estratégias de intervenção com tecnologias sustentáveis, assistência técnica e crédito rural facilitado, com projetos demonstrativos em parceria com órgãos públicos e privados. Entre as tecnologias aplicáveis, destacam-se a agricultura orgânica e sistemas de produção integrada como sistemas agroflorestais (SAFs), integração lavoura-pecuária (ILP) e integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) para uso como alternativas.

A degradação implica na diminuição da capacidade produtiva e nos solos agrícolas deve-se principalmente à ação erosiva ou ao uso intenso e indevido. Se não ocorrer a reposição das perdas de nutrientes devida às colheitas, ao pastoreio, à lixiviação e à volatilização estes solos passam a apresentar níveis basais de fertilidade e pouco propícios à produção, impondo elevados custos à sociedade, causando sérios prejuízos à população e aos produtores rurais. A magnitude da degradação depende direta ou indiretamente da intensificação do uso, o qual é importante na definição do manejo mais apropriado (JUNIOR, 2000).

MARINHO et al., (2004) preconizam que para a recuperação de solos degradados, os modelos de associação de espécies florestais devem basear-se em tecnologias que promovam não apenas a utilização de espécies vegetais de rápido crescimento, mas, também, que sejam capazes de melhorar o solo por meio do aporte de matéria orgânica. IWATA et al., (2012), trabalhando com sistemas agroflorestais em argissolos concluíram que esse sistema promoveu a melhoria dos indicadores químicos do solo calcada no aumento do pH, redução da saturação por alumínio, aumento dos teores de nutrientes e maior estabilidade da qualidade química do solo sob efeito da sazonalidade. O aporte de material orgânico e a grande biodiversidade dos sistemas agroflorestais aumentaram os teores de carbono e nitrogênio, garantindo maior permanência deste material e maiores efeitos benéficos promovidos pela matéria orgânica.

O uso de práticas pouco adequadas na agricultura, como por exemplo, a queima de restingas, o plantio em áreas descobertas e excesso de preparo do solo ao longo dos anos causam degradação física, química e biológica, provocando redução no rendimento das culturas. O potencial contínuo de vida útil da fertilidade dos agroecossistemas é condição

2.5 Importância do manejo agroecológico para melhoria da qualidade do solo

A agroecologia surgiu como um novo paradigma apoiando processos de transição para estilos de agricultura mais sustentável. A aplicação dos princípios agroecológico na agricultura tem causado uma série de transformações tanto nos seguidores do sistema inserido em tais princípios como também nos agroecossistemas em que ocorre a execução desses princípios, principalmente na agricultura familiar. A referência constante à agroecologia tem sido bastante positiva através de um modelo menos agressivo à natureza, que promove mudança social e proporciona melhores condições econômicas aos agricultores (CAPORAL e COSTABEBER, 2002). O manejo de base agroecológica favorece a recuperação das propriedades físicas e químicas do solo e influencia diretamente na água disponível e no teor de matéria orgânica (FREITAS et al., 2013). O manejo orgânico do solo é um grande aliado da sustentabilidade, pois além de contribuir para a preservação do solo e do meio ambiente produz alimento de boa qualidade e mais saudável, quando comparado com produtos oriundos da agricultura convencional.

A conservação e a recuperação dos recursos naturais é uma preocupação que atualmente mobiliza o mundo inteiro, onde os danos causados à natureza e a crescente degradação do meio ambiente colocam a tona essa necessidade, através de formas mais harmônicas e racionais de produção. Como instrumento do desenvolvimento sustentável o manejo de base agroecológica baseia-se nas experiências produtivas da agricultura ecológica, para construir propostas de ação social coletiva que enfrentam a lógica depredadora do modelo produtivo agroindustrial hegemônico em substituição por outro, que orienta para a construção de uma agricultura socialmente justa, economicamente viável e ecologicamente sustentável (BATISTA, 2009).

Nos ecossistemas agrícolas a biodiversidade vegetal pode não ser tão grande como nos ecossistemas naturais, mas algumas práticas contribuem e são importantes para aumentar o nível da biodiversidade, entre elas, destacam-se: adubação verde, rotação de culturas, manejo do mato mole, mantendo vivas as plantas nativas que não prejudicam as culturas e o policultivo com a associação de várias espécies. A base do modelo de produção agroecológico é a manutenção da matéria orgânica no solo, sendo que em solos tropicais altamente intemperizados as variáveis relacionadas à fertilidade do solo são muito dependentes da matéria orgânica. Para obter-se equilíbrio são necessários instrumentos melhoradores com ação gradual, ao mesmo tempo em que agrega ao ambiente insumo necessário para a sua formatação equilibrada. A matéria orgânica é um insumo com tais características que pode

viabilizar essa ação necessária com pouco desembolso e com independência econômica do produtor (PRIMAVESI, 2008).

A importância da matéria orgânica em relação às características químicas, física, biológicas e sua influência sobre o solo e a sua sensibilidade sobre as práticas de manejo determinam que seja considerada um dos principais e mais importantes parâmetros de qualidade. A utilização de sistemas agroecológicos de cultivo para o manejo do solo pode afetar o armazenamento de água em relação a sistemas de manejo convencional, o que tem sido reportado por alguns pesquisadores (SANTIAGO et al, 2013).

Na produção agroecológica as práticas agrícolas utilizadas têm como objetivo maior o equilíbrio das plantas e animais, que devem desenvolver-se em harmonia com o ambiente. Por outro lado busca-se a substituição de pacotes tecnológicos, receitas pulverizadas por calendário e tantos outros procedimentos contestáveis por princípios que devem ser seguidos e adaptados para cada local, respeitando todos os fatores edafoclimáticos. Há diversas técnicas de manejo adotadas pela agricultura orgânica, algumas das quais modificam positivamente as propriedades do solo, principalmente em agroecossistemas com culturas perenes (REICHERT et al, 2009).

Exemplos dessas técnicas são: a manutenção da cobertura permanente do solo, a integração da adubação orgânica e verde, o controle da erosão por meio do estabelecimento de curvas em nível, o terraceamento e as faixas de retenção e o cultivo mínimo em faixa ou bordadura. Com esse conjunto de práticas, procura-se preparar e cultivar o solo de modo a evitar maior destruição dos agregados e a inversão das suas camadas, contrariamente ao que ocorre, em geral, no preparo convencional (WADT et al., 2003). SANTIAGO et al., (2013) em trabalho realizado com uso de sistemas agroecológico e convencional concluíram que o manejo agroecológico influenciou de forma positiva nos atributos do solo, apresentando-se melhores que na área com manejo convencional, e capaz de manter sua qualidade.

A agroecologia tem mostrado que é um modelo de agricultura alternativo e eficiente em se tratando da exploração sustentável dos recursos naturais, em que através da preservação e conservação do solo, no constante ciclo de manutenção da fertilidade o torna sempre produtivo e em equilíbrio com a flora e fauna microbiológica. Práticas harmônicas de conservação e respeito à vida são alternativas capazes de reorientar as relações de produção de alimentos para suprir as necessidades humana e ambiental e conseqüentemente menos favorável à degradação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área em estudo

O seguinte trabalho foi realizado no ano de 2013, sendo que as amostras de solos foram coletadas na propriedade do produtor rural “Raimundo Rego” o qual também produz sob sistema agroecológico. A propriedade localiza-se no município de Esperantina- Piauí (03° 54’ 07” S; 42° 14’ 02” O; 49 m). O clima da região é do tipo Aw’, tropical com estação seca (Aw), de acordo com a classificação climática de Köppen.

3.2 Amostragem de solo representativa das áreas.

3.2.1 Descrição das áreas em estudo

O estudo abrangeu 04 áreas sob distintos sistemas de manejo: AMA -3: Área cultivada há três anos sob manejo agroecológico, AMA- 6 ANOS – Área cultivada há seis anos sob manejo agroecológico, AD: Área degradada e AVN – Área sob vegetação nativa usada como referência de estabilidade para o solo. A seguir uma caracterização completa das áreas em estudo (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição das áreas e histórico de cultivos ao longo dos anos com 3 e 6 anos sob manjo agroecológico (AMA), área degradada (AD) e área de vegetação nativa (AVN).

Área	Histórico
AMA- 3 anos	<p>2010: Iniciou-se a recuperação com o coquetel de leguminosas, com revolvimento mínimo do solo, não utilizou calcário.</p> <p>2011: Cobertura morta com a bagana (palha de carnaúba), milho, três variedades de feijão, abobora, melancia, batata doce, macaxeira, quiabo, fava, gergelim, macaxeira, mandioca.</p> <p>2012: Milho, três variedades de feijão, melancia, batata doce, macaxeira, quiabo, macaxeira, mandioca.</p>
AMA- 6 anos	<p>2009- 2010: Milho, feijão, abóbora melancia, batata doce, macaxeira, quiabo, fava. Sem uso de inseticida. Uso da folha de caju e palha de arroz como cobertura do solo. Foram mantidas as espécies nativa da região Mororó, Sabiá, Araçá, Ipê, e outras espécies, fazendo sempre seu manejo e incorporando ao solo os restos culturais.</p> <p>2011: Milho, três variedade de feijão, abobora, melancia, batata doce, macaxeira, quiabo, fava, gergelim, quatro variedades de macaxeira, mandioca. Já não colocou palha de arroz.</p> <p>2012: Cinco variedades de milho, feijão, abóbora, melancia, batata doce, macaxeira, três variedades de quiabo, fava, gergelim. A partir desse período o produtor diminui a aquisição de sementes, pois já esta conseguindo produzir suas próprias sementes.</p>
Área degradada	<p>Essa área após ser diagnosticada em estágio de degradação foi incluída em área de descanso estando em pousio há 1 ano.</p>
Área vegetação nativa	<p>A área com vegetação nativa consiste de uma transição Cerrado/Caatinga/Floresta decidual mista (Fundação CEPRO, Piauí – Informações Municipais – 2000 – Anuário Estatístico do Piauí – 2001). As vegetações predominantes são: Ipê (Pau darco), Sambaíba, Besouro, Grão de galo, Catanduva, Sabiá, Mororó, Guabiraba, Araçá e dentre outras espécies.</p>

3.2.2 Amostragem de solo

As amostras de solo foram coletadas em 04 áreas existentes na propriedade, conforme descrito a seguir: Nas áreas representativas foram feitas mini Trincheiras, onde foram coletadas amostras de solo até a profundidade de 0,05m a partir de quatro pontos de coletas, considerando-se como repetições. Após homogeneização as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e transportadas para o laboratório de biociências e química da Universidade Estadual do Piauí, Campus Prof. Alexandre Alves de Oliveira- Parnaíba, Piauí.

3.2.3 pH e Acidez Potencial

O pH do solo foi determinado de acordo com o método proposto por Mclean (1982). Para isso, foram transferidos 10 cm³ de solo para um copo de 100 mL e adicionaram-se 25 mL de água numa relação 1:2,5 (solo:água). A quantificação do pH do solo foi feita em leitura direta no potenciômetro.

A acidez potencial (H + Al) foi extraída com acetato de cálcio [Ca (CH₃COO)₂. H₂O] e analisado por titrimetria com hidróxido de sódio (NaOH), de acordo com Embrapa (2005). Para a extração do H + Al, foram transferidos 5 cm³ de TFSA para um Erlenmeyer de 250 mL e adicionaram-se 100 mL da solução extratora Ca(CH₃COO)₂. H₂O a 1,0 mol L⁻¹ com pH ajustado para 7,0. Após 15 minutos de agitação e repouso por uma noite, uma alíquota de 50 mL do extrato foi coletada e titulada com a solução NaOH 0,025 mol L⁻¹ na presença de solução alcoólica de fenolftaleína.

O H + Al de cada amostra foi calculado pela equação 1:

$$H + Al \text{ (cmol}_c \text{ dm}^{-3}\text{)} = \frac{(V_{am} - V_{br}) \times C_{NaOH} \times V_{extrator} \times 1000}{V_{aliquota} \times V_{solo}} \quad (1)$$

Sendo:

H + Al = Acidez potencial, em cmol_c dm⁻³;

V_{am} = volume de NaOH, em mL, gasto na titulação da amostra;

V_{br} = volume de NaOH, em mL, gasto na titulação da prova em branco;

C_{NaOH} = concentração de NaOH = 0,025 mol L⁻¹;

V_{extrator} = volume do extrator, em mL = 100;

1000 = transformação de cm³ para dm³;

V_{aliquota} = alíquota pipetada, em mL = 50;

V_{solo} = volume de solo utilizado, em cm³ = 5

3.2.4 Alumínio Trocável

O alumínio trocável (Al³⁺) foi extraído com cloreto de potássio (KCl) e analisado por titrimetria com hidróxido de sódio (NaOH) de acordo com (BARNHISEL e BERTSCH, 1982). Para a extração do Al³⁺ foram transferidos 5 cm³ de TFSA para um Erlenmeyer de 125

mL e adicionaram-se 50 mL da solução extratora de KCL 1 mol L⁻¹. Após extração, uma alíquota de 25 mL do extrato foi coletada e titulada com a solução NaOH 0,025 mol L⁻¹.

O Al³⁺ trocável foi calculado pela equação 2:

$$Al^{3+} = \frac{(V_{am} - V_{pb}) \times C_{NaOH} \times V_{extrator} \times 1000}{V_{aliquota} \times V_{solo}} \quad (2)$$

Sendo:

Al³⁺ = Alumínio trocável, em cmolc dm⁻³;

V_{am} = volume de NaOH, em mL, gasto na titulação da amostra;

V_{pb} = volume de NaOH, em mL, gasto na titulação da prova em branco;

C_{NaOH} = concentração de NaOH = 0,01 mol L⁻¹;

V_{extrator} = volume do extrator = 50 mL;

1000 = transformação de cm³ para dm³;

V_{aliquota} = alíquota pipetada = 25 mL;

V_{solo} = volume de solo utilizado = 5 cm³

3.2.5 Cálcio e Magnésio

O cálcio (Ca²⁺) e o magnésio Mg²⁺) foram extraídos com cloreto de potássio e analisados por titrimetria com o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) (LANYON e HEALD, 1982). Para a extração do cálcio e do magnésio, foram transferidos 5cm³ de TFSA para um Erlenmeyer de 125 mL e adicionaram-se 50 mL da solução extratora (KCl 1 mol L⁻¹). Após extração, duas alíquotas de 25 mL do extrato foram coletadas e tituladas com a solução EDTA 0,006 mol L⁻¹.

A primeira alíquota foi utilizada para quantificação conjunta de cálcio + magnésio, e a segunda, para quantificação do cálcio.

Os teores de Ca²⁺ + Mg²⁺ e de Ca²⁺ e Mg²⁺ foram calculados pelas equações 3 e 4 respectivamente:

$$Ca^{2+} + Mg^{2+} \text{ (cmol}_c \text{ dm}^{-3}\text{)} = \frac{(V_{am} - V_{pb}) \times C_{EDTA} \times 0,2 \times V_{extrator} \times 1000}{V_{aliquota} \times V_{solo}} \quad (3)$$

O magnésio foi quantificado pela equação 4:

$$\text{Mg}^{+2} (\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}) = [\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}] - [\text{Ca}^{+2}] \quad (4)$$

Sendo:

V_{am}= volume de NaOH, em mL, gasto na titulação da amostra;

V_{pb}= volume de NaOH, em mL, gasto na titulação da prova em branco;

CEDTA= Concentração de EDTA = 0,025 mol L⁻¹;

O,2 = fator de transformação CEDTA de mol L⁻¹ para cmol_c dm⁻³;

V_{extrator} = volume do extrator, em mL = 50

1000= fator de transformação de cm³ para dm³

Valiquota = alíquota pipetada, em mL = 10

V_{solo}= volume de solo utilizado, em cm³ = 5

3.2.6 Sódio, Potássio e Fósforo

O sódio (Na), potássio(K) e o fósforo (P) foram extraídos com solução extratora Mehlich I (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹), sendo que o sódio e o potássio foram analisados por fotometria de chama. Enquanto que o fósforo foi analisado por espectrofotometria, com base na formação do complexo fosfomolibídico em meio reduzido (K₂Cr₂O₇), conforme EMBRAPA (2005).

3.2.7 Carbono orgânico total

O carbono orgânico total (COT) foi determinado por oxidação do carbono orgânico por via úmida, empregando a solução de dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) em meio ácido, com fonte externa de calor (WALKLEY e BLACK, 1934), conforme metodologia descrita em EMBRAPA (2005). Para quantificação do COT foram transferidos 0,5cm³ de solo para Erlenmeyer de 125 mL, adicionado- se 5 mL de solução de dicromato de potássio 0,167 mol L⁻¹ e 20 mL de ácido sulfúrico concentrado. A quantificação do CO foi obtida a partir da titulação do dicromato remanescente com solução de sulfato ferroso amoniacal – Fe(NH₄)₂(SO₄)₂.6H₂O. 0,4 mol L⁻¹.

O conteúdo de COT de cada amostra foi calculado pela equação 5 e 6.

$$\text{COT} = \frac{(\text{Vpb} - \text{Vam}) \times \text{CFe}^{2+} \times 0,003 \times 1,33 \times 1000}{\text{Vsolo}} \quad (5)$$

Sendo:

Vpb = volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da prova em branco (mL);

Vam = volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra (mL);

CFe²⁺ = concentração de Fe²⁺ na solução padronizada de sulfato ferroso amoniacal para a reação com o dicromato de potássio;

0,003 = [(0,001 x 12/4)]: onde 12 é a massa molar do carbono (g mol⁻¹), 0,001 é o fator de transformação em g mol⁻¹, e 4 é o número de elétrons na oxidação da M.O[C(O) → C(IV), na forma de CO₂];

1,33 = fator de correção para a oxidação apenas parcial da matéria orgânica;

1000 = fator utilizado para transformar cm³ em dm³;

Vsolo = volume de solo (cm³)

$$\text{CFe}^{2+} = \frac{(\text{Vdicromato}) \times 0,167 \times 6}{\text{Vpb}} \quad (6)$$

Onde:

Vdicromato = volume de dicromato (ml);

0,167 = concentração da solução de dicromato (mol L⁻¹);

6 = número de elétrons transferidos no processo de redução Cr(VI) → Cr(III);

Vpb = volume de sulfato ferroso amoniacal (mL) gasto na titulação do branco.

3.3 Delineamento Experimental

Os Resultados dos parâmetros avaliados para os diferentes tratamentos foram submetidos à análise estatística utilizando-se o software ASSISTAT, versão 7.7 beta (2014). Os dados das variáveis analisadas foram submetidos à análise de variância, e realizada a comparação entre os tratamentos pelo teste de Tukey (P<0,05). O trabalho constou de 4 tratamentos e quatro repetições.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir das análises dos atributos químicos do solo na profundidade de 0,0–0,05m demonstraram que houve diferenças estatisticamente significativa apenas para o CO ($p < .01$), pH($p < .01$), H+Al ($p < .01$), K ($.01 = <p < .05$), Na ($p < .01$), e P ($p < .01$).

4.1 Análises químicas das áreas

4.1.1 Carbono orgânico total

Os valores de carbono orgânico foram consideravelmente alto nas áreas de manejo agroecológico (AMA-6 e AMA-3) e na área sob vegetação nativa, tendo esta obtido valores superiores. A diferença significativa nos teores de CO obtida para esse parâmetro estar de acordo com a diferença de manejo das áreas. Sendo o principal motivo dos altos valores de carbono no solo a formação de matéria orgânica humificada (Tabela 2). O manejo orgânico e agroecológico possui estreita relação com a qualidade do solo e da agricultura sustentável devido aos efeitos benéficos nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. O manejo orgânico pode ser uma forma adequada de se alcançar um sistema agrícola sustentável (Loss et al., 2009a).

Tabela 2. Carbono orgânico (CO) em amostras de solo em área degradada, áreas sob sistema de manejo agroecológico e área de vegetação nativa, na localidade “Pé” da Ladeira, Esperantina- Piauí.

Áreas	CO
	g Kg ⁻¹
AMA – 3 ANOS	6.772 b c
AMA – 6 ANOS	8.457 b
AD	5.110 c
AVN	11.607 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$). Área 1=AMA 3anos (área sob manejo agroecológico há três anos); Área 2=AMA – 6 anos (área sob manejo agroecológico há seis anos); AD- área degradada; AVN (área sob vegetação nativa).

Quando se correlaciona o alto valor de CO em área de vegetação nativa com o elevado valor de pH também obtido em área de vegetação nativa observa-se que há grande relação entre esses dois parâmetros, pois elevados estoques de MO sugerem também grandes quantidades de carbono orgânico no solo, mostrando que o alto valor de CO nas AMAs é devido ao manejo orgânico adotado. Segundo AMARAL et al., (2000) a adição de restos culturais promove redução da acidez refletindo em acréscimos no pH aumentando as cargas negativas do solo disponíveis para a adsorção de cátions básicos. Ainda segundo esses autores, a eficiência dos sistemas em manter o estoque de carbono orgânico no solo está relacionada ao manejo de culturas utilizado, sendo fundamental a associação de um sistema de rotação e sucessão de culturas diversificadas, que produza adequada quantidade de resíduos na superfície do solo.

Para a área degradada já era de se esperar baixos níveis de CO, pois solos que se encontram nesse estado são altamente escassos em matéria orgânica (MO) e geralmente possui acidez elevada. Os estoques de MO em qualquer agroecossistema são obtidos pela interação dos fatores que determinam sua formação e aqueles que promovem sua decomposição. A hipótese mais aceita estabelece um declínio no estoque de matéria orgânica após a conversão de florestas nativas em sistemas agrícolas (PORTUGAL et al., 2010). Essa redução pode ser atribuída ao aumento da erosão do solo, aos processos mais acelerados de mineralização da matéria orgânica e oxidação de carbono orgânico do solo e às menores quantidades de aportes orgânicos em sistemas manejados comparativamente a florestas nativas.

4.1.2 Potencial de Hidrogênio

Não houve diferença significativa para pH entre as áreas estudadas, havendo diferença estatística entre AMA- 6 anos e as demais áreas (Tabela 3).

Tabela 3. Potencial de hidrogênio (pH) em área degradada, área sob sistema de manejo agroecológico e área de vegetação nativa, na localidade “pé” da ladeira, Esperantina- Piauí.

Áreas	pH
AMA – 3 ANOS	6.312 a
AMA – 6 ANOS	5.577 b
AD	6.620 a
AVN	6.892 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Área 1=AMA 3anos (área sob manejo agroecológico há três anos); Área 2=AMA – 6 anos (área sob manejo agroecológico há seis anos); AD- área degradada; AVN (área sob vegetação nativa).

O maior valor de pH encontrado na área sob sistema de manejo agroecológico há 3 anos mostra a eficácia da MOS funcionando como reguladora e condicionadora de bom funcionamento e equilíbrio dos agroecossistemas. Valores mais elevados de pH na camada superficial do solo que em profundidade no perfil têm sido verificado por diferentes pesquisadores (ARANTES, 2012 apud FALLEIRO et al., 2003). Esse efeito está relacionado a presença da matéria orgânica e, ou, ao aumento da força iônica da solução do solo devido ao aumento nos teores de alguns nutrientes na camada superficial (SANTOS et al., 2012). De acordo com MORAES et al., (2007), a baixa acidificação na superfície do solo é devido à capacidade tampão como resultado da aplicação de resíduos orgânicos.

O baixo valor de pH para a área sob manejo agroecológico(AMA-6) não era esperado pois nessa área é constante a incorporação subsequente de MO ao solo. No entanto, isso pode ser resultado da ocorrência de lixiviação, taxa, velocidade e quantidade ineficiente no processo de decomposição da matéria orgânica aliados ao processo de mineralização do solo já que em regiões tropicais a humificação da MO ocorre de forma muito rápido e intensa. De acordo com GONÇALVES et al., (2010) a velocidade de decomposição dos resíduos culturais determina o tempo de permanência da cobertura morta na superfície do solo. Quanto mais rápida for a sua decomposição, maior será a velocidade de liberação dos nutrientes, diminuindo, entretanto, a proteção do solo. Segundo OLIVEIRA et al, (2005) os solos podem

ser ou tornarem- se ácidos devido à própria pobreza em bases do material de origem ou a processos de formação que favorecem a remoção ou lavagem de elementos básicos.

O valor de pH na área degradada é considerado satisfatório quando se compara a mesma com a área de vegetação nativa. A explicação para isso baseia- se no fato de que essa área encontra-se em processo de recuperação sob pousio, o que favorece a formação, o crescimento e a construção de uma nova flora local com o acúmulo de resíduos e raízes criando um ambiente favorável ao aparecimento da biomassa microbiana e estabelecendo novas interações no solo. Segundo MOREIRA et al., (2004) o volume de raízes produzidas e mortas permite a formação de uma rede de canais no solo que facilita o seu arejamento, criando condições de oxidação e ausência de compactação, bem como a elevação ou a manutenção do pH em níveis adequados.

4.1.3 Acidez Potencial

O nível de acidez potencial (H+Al) no solo é baixo nas áreas sob manejo agroecológico (AMA- 3 e 6) quando comparados com a área de vegetação nativa que foi mais elevado, exceto para a área degradada que mostrou-se o menor valor, porém a AMA- 6 não diferiu estatisticamente em comparação a AVN, havendo diferença significativa entre AMA- 6, AD e as demais áreas (Tabela 4). Considerando esse nível de acidez nas AMA isso pode ser devido ao próprio processo de decomposição dos resíduos vegetais e formação da MO em que há liberação de íons hidrogênio para o meio e também devido ao não uso de corretivos no solo.

Para a área degradada, o baixo nível de hidrogênio + alumínio pode estar relacionado com o processo de reabilitação pelo qual essa área vem passando nos últimos anos.

Tabela 4. Acidez potencia do solo (H + Al) em amostras de solo em área degradada, áreas sob sistema de manejo agroecológico e área de vegetação nativa, na localidade “Pé” da Ladeira, Esperantina- Piauí.

Área	H + Al
	cmol _c dm ⁻³
AMA – 6 ANOS	1,325 a b
AMA – 3 ANOS	1,250 b c
AD	0,850 c
AVN	1,750 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p <0,05). Área1=AMA 3anos (área sob manejo agroecológico há três anos); Área 2=AMA – 6 anos (área sob manejo agroecológico há seis anos); AD- área degradada; AVN (área sob vegetação nativa).

Segundo LIMA et al., (2012) o maior valor do teor de H+Al em áreas nativas é devido ao fato de que em tais condições o hidrogênio + alumínio encontra-se preso na fase sólida do solo. Outro fator importante que pode estar relacionado a isso é a taxa de mineralização da matéria orgânica em que os elementos no solo são transformados da forma orgânica para a forma mineral. Segundo SILVA et al., (2013), a mineralização ocorre no solo transformando material orgânico em gás carbônico, água e sais, transformando-se em compostos humificados rico em materiais orgânicos e de caráter ácido. O valor obtido para a acidez potencial em AVN estar de acordo com resultados obtido por THOMAZINI et al (2011), que encontrou valores superiores para área de florestas nativa em relação a sistemas agroflorestais e pastagem. De acordo com FERREIRA, (2007) a acidez potencial é maior em superfície, diminuindo em profundidade e está diretamente relacionada com teor de matéria

orgânica, que segue o mesmo padrão de distribuição, ou seja, se reduz com a profundidade.

4.1.4 Potássio

Para o potássio disponível (K) não houve diferença estatística entre os tratamentos, exceto para a AVN. Obteve-se os maiores valores em AMA- 3 e AD em relação a área de vegetação nativa. Para as áreas sob manejo agroecológico justifica-se pela incorporação de resíduos vegetais ao solo em função da consorciação de culturas usadas, gerando um ambiente com grande diversidade no teor e composição do material orgânico presente (Tabela 5). Valores semelhante para K foi encontrado por SANTOS et al., (2010) em área sob cultivo orgânico em diferentes sistemas de manejo, sendo esse resultado atribuído a adição de composto orgânico na área. De acordo com SILVA et al., (2006) Outra justificativa para os maiores valores de K encontrados nesse sistema de manejo pode ser a elevação do pH provocado pelo aumento de matéria orgânica, com aumento na quantidade de cargas negativas do solo (CTC, pH dependente), e assim há maior retenção de potássio e de outros cátions na fase sólida do solo, com menores perdas por lixiviação. Segundo ANDREOLA et al., (2000), os acúmulos de nutrientes em áreas com uso contínuo de materiais orgânicos ocorrem devido à ampla variação na composição química dos resíduos.

Tabela 5. Potássio no solo(K) em área degradada, área sob sistema de manejo agroecológico e área de vegetação nativa, no pé da ladeira Esperantina, Piauí.

Áreas	K
	cmol _c dm ⁻³
AMA – 3 ANOS	0,179 a
AMA – 6 ANOS	0,116 ab
AD	0,145 ab
AVN	0,069 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de tukey (p< 0,05). Área1=AMA 3anos (área sob manejo agroecológico há três anos); Área 2=AMA – 6 anos (área sob manejo agroecológico há seis anos); AD- área degradada; AVN (área sob vegetação nativa).

O valor encontrado para o potássio em AD é justificado em função do manejo dessa área, devido ao uso do fogo e queima dos resíduos contidos na superfície do solo e produção de cinzas resultando na disponibilidade de nutrientes, inclusive o potássio.

RAMOS et al.,(2009) encontrou valor semelhante de potássio em área degradada e atribuiu tal fato ao uso da queima na área resultando na disponibilidade de cinzas que contém principalmente potássio.

O baixo teor de potássio na área sob vegetação nativa pode ser justificado em função da ausência de incorporação de fonte desse nutriente e da diferença no manejo em relação às outras áreas onde ocorre a incorporação de cobertura ao solo resultante da ampla variação de culturas plantada. O baixo teor desse elemento também pode ser influenciado por fenômenos como a erosão e lixiviação, pois o K é um nutriente com disponibilidade máxima no solo, mesmo sem haver decomposição completa do tecido vegetal, o que pode favorecer sua diminuição no solo. De acordo com ROSOLEM et al., (2006), o K apresenta alta mobilidade na planta e não é metabolizado, encontrando-se quase que totalmente na forma de íon, nas células vegetais. Ou seja, é um nutriente absorvido em quantidades relativamente altas pelas plantas e não é constituinte estrutural de moléculas e tecidos, o que o torna passível de ser extraído com relativa facilidade da cobertura morta, sem haver, necessariamente, decomposição e mineralização biológicas.

4.1.5 Sódio

A área degradada e AMA-6 não diferiram estatisticamente entre si. Maiores valores para o sódio foi verificado na área sob sistema de manejo agroecológico há seis e anos e área degradada, sendo o menor valor na área sob vegetação nativa (Tabela 6).

Tabela 6. Sódio no solo (Na) em área degradada, área sob sistema de manejo agroecológico e área de vegetação nativa, na localidade “pé” da ladeira, Esperantina- Piauí.

Áreas	Na
	cmol _c dm ⁻³
AMA – 3 ANOS	0,304 b
AMA – 6 ANOS	0,495 a
AD	0,448 a
AVN	0,043 c

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p <0,05). Área1=AMA 3anos (área sob manejo agroecológico há três anos); Área 2=AMA – 6 anos (área sob manejo agroecológico há seis anos); AD- área degradada; AVN (área sob vegetação nativa).

A presença desse elemento nos solos pode estar relacionado a causas naturais, estando ligado a fatores geológicos que aumentam a concentração de sais nas águas subterrâneas e, conseqüentemente no solo, sendo passíveis de trazerem águas subterrâneas com elevado teor de sais para a superfície ou para locais acima do nível freático. E também pela ação do vento, que nas zonas costeiras pode transportar quantidades moderadas de sais para o interior, já que nas áreas estudadas não se utiliza sistemas de irrigação que juntamente com fatores climáticos são considerados importantes meios de sodificação dos solos. Segundo SANTOS et al, (2010) a ocorrência de sais nos solos é frequentemente observadas em regiões semiáridas em razão das altas temperaturas e baixo índice de precipitação pluviométrica. No entanto, ao contrário disso, a região onde se localiza o município possui bom índice pluviométrico com precipitação média anual de 1500 mm. Uma outra justificativa para isso estar relacionado com longos períodos seco onde há maior possibilidade da ocorrência de salinização do solo, pois a falta de umidade provoca a precipitação e aumento da concentração do sódio. Ainda de acordo com SANTOS et al, (2010) acrescenta que os fatores mais diretamente responsáveis por esta salinidade são: a natureza química dos solos, as interações com outros fatores, aumento na perda de permeabilidade e irregularidade de distribuição das chuvas, além das perdas hídricas por evaporação e evapotranspiração.

4.1.6 Fósforo

Os maiores teores de fósforos(P) foram encontrados nas áreas cultivadas sob sistema de manejo agroecológico (AMA- 3 e 6) com valores bem superiores as demais áreas (Tabela 7).

Tabela 7. Fósforo no solo(P) em área degradada, área sob sistema de manejo agroecológico e área de vegetação nativa, na localidade “pé” da ladeira, Esperantina- Piauí.

Áreas	P
	cmol _c dm ⁻³
AMA – 3 ANOS	5,035 a
AMA – 6 ANOS	3,577 a b
AD	1,057 c
AVN	1,457 b c

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Área 1=AMA 3anos (área sob manejo agroecológico há três anos); Área 2=AMA – 6 anos (área sob manejo agroecológico há seis anos); AD- área degradada; AVN (área sob vegetação nativa).

As áreas sob manejo agroecológico não diferiram estatisticamente entre si, mas foram diferentes em relação a área degradada. O valor observado desse elemento é devido ao grande volume de compostos orgânicos no solo resultante da diversidade de resíduos vegetais manejados nessas áreas, o que faz aumentar a disponibilidade desse nutriente e de vários outros e pelo fato de a matéria orgânica atuar no solo como um efeito tampão agindo de forma a equilibrar e reprimir o abaixamento do pH no solo. De acordo com D'ANDREA et al. (2002), a maior diversidade de espécies vegetais existente resulta no aumento da diversidade de compostos orgânicos depositados na serapilheira e na rizosfera, favorecendo a sobrevivência e crescimento dos diferentes grupos de microrganismos do solo. Segundo BROGGI, (2004) a deficiência de P em solos tropicais é intensificada devido a acidez e à presença de óxidos cristalinos e amorfos de Fe e Al.

O menor teor de fósforo encontrado na área degradada (AD) é resultado da pobreza e decadência desse solo que encontra-se com níveis basais de nutrientes e níveis mínimos de interações entre organismos microbiológicos e plantas, além do baixo incremento de resíduos vegetais ao solo, o qual é a principal forma e fonte de fósforo nessa área. De acordo com LEITE et al., (2012), os solos degradados normalmente apresentam baixo conteúdo de matéria orgânica, diversidade biológica reduzida com limitações química sérias e dentre essas o baixo conteúdo de fósforo. De acordo com NUNES, (2011), tanto o fósforo orgânico quanto o fósforo inorgânico do solo são fortemente influenciado pelos organismos. O fósforo orgânico da biomassa é biologicamente disponível na rizosfera e pela morte desses microrganismos, ocorre a liberação do fósforo de sua biomassa e assim a disponibilidade desse elemento é reflexo de forte interação entre plantas, microrganismos e constituintes minerais do solo.

5 CONCLUSÃO

O carbono orgânico existente nas áreas sob manejo agroecológicas é considerado satisfatório em relação ao observado na área sob vegetação nativa, mostrando a importância do manejo nos solos em busca da sustentabilidade dos agroecossistemas. Os resultados mostram uma tendência ao equilíbrio do sistema explorado que encontra-se com níveis adequados de acidez e, conseqüentemente, com boa disponibilidade de nutrientes para as plantas.

6 REFERÊNCIAS

- AMARAL, A, S. Resíduos vegetais na superfície do solo afetam a acidez do solo e a eficiência do herbicida flumetsulam. **Ciência Rural**. Santa Maria, RS. v. 30, n. 5. Set. out. 2000.
- AMARAL, A. J. et al. Atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico em área de fruticultura irrigada e vegetação nativa de Caatinga. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Florianópolis, jul. Agos. 2013.
- ANDREOLA, F. et al. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. s.l. v. 24, p. 867-874, 2000
- ARAGÃO, D. V. et al. Avaliação de indicadores de qualidade do solo sob alternativas de recuperação do solo no Nordeste Paraense. **Acta Amazonica**. Belém, PA. v. 42. n. 1, p. 11-18. 2012.
- ARANTES, E. M. et al. Alterações dos atributos químicos do solo cultivado no sistema orgânico com plantio direto sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Agrarian**. Dourados, MT. v. 5. n. 15, p. 47- 54. 2012.
- BATISTA, K. A.; Agroecologia e o Manejo Ecológico do Solo. **Synergismuss Cyentifica**. Pato Branco, 0 4 (1) . 2009.
- BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista brasileira de ciência do solo**. Santa Catarina. 23: 687-694, 1999.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Porto Alegre. 21, p. 105-112. 1997.
- BRASIL ESCOLA. A relação entre vegetação, clima e solo. Disponível em <<http://www.brasilecola.com/geografia/a-relacao-entre-vegetacao-clima-solo.htm>> acessado em 11 de outubro de 2013, 09h45min.
- BRITO, M. T. L. A. **Avaliação espacial de atributos químicos do solo no semiárido**. Patos, PB, 2010. p. 40. Monografia (Graduação), Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande.
- BROGGI, F. **Adsorção e disponibilidade de fósforo em solos com diferentes composições mineralógicas**. Recife, PE, 2004. p. 54. Dissertação (Mestrado)- Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- CALEGARI, A. Plantas de cobertura. In: CASÃO JR., R.; SIQUEIRA, R. MEHTA, Y.R.; PASSINI, J.J. Sistema Plantio direto com qualidade. Londrina, PR. ITAIPU Binacional. 2006.
- CALONEGO, J. C. et al. Calagem e silicatagem em solo incubado com diferentes umidades. **Colloquium Agrariae**. Presidente Prudente, SP. v. 8, n. 2. Jul. dez. 2010.

CAPORAL, F. R.; CASTABEBER, J. A.; Agroecologia: enfoque científico e estratégico. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**. Porto Alegre, v.3, n.2, p.13-16, Abr. Jun. 2002.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista brasileira de ciência do solo**. costa rica, MS. 33:147-157, 2000.

CARVALHO, J. W. C. **Impactos da agroecologia na agricultura familiar e nos atributos químicos do solo**. Mossoró, RN. 2010, p. 89. Dissertação (Mestrado)- Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semiárido.

CAVALCANTE, E. G. S. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31:1329-1339, 2007.

CUNHA, M. E. T. et al. Fertilidade de solos agrícolas próximo a fragmentos florestais nativos. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, PR. v. 24, n. 2, p. 225- 234, jul. dez. 2003.

D'DREA, A. F. et al. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionista**. Dourados, MS. 2006, 304 p. Embrapa Agropecuária Oeste.

DELARMELINDA, E. A. et al. Avaliação da aptidão agrícola de solos do Acre por diferentes especialistas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Acre, v.35, p. 1841- 1853, 2012.

DORAN, J.W.; PARKIN, T. B. 1994. Defining and assessing soil quality. p. 3-21. In: J.W. Doran et al., (ed.) **Defining Soil Quality for a Sustainable Environment**. SSSA Spec. Publ. No. 35, Soil Sci. Soc. Am., Inc. and Am. Soc. Agron., Inc., Madison, WI.

FACULDADE MONTES BELOS, **Formação da acidez do solo**. Disponível em <http://www.fmb.edu.br/ler_artigo.php?artigo=261> acessado em 24 de outubro de 2013, as 21h43min.

FERREIRA, I. C. M. **Associações entre solos e remanescentes de vegetação nativa**. Campinas, SP. 2007. p. 107. Dissertação (Mestrado)- Curso de Pós Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agrônomico de Campinas.

FERREIRA, O. G. L. et al. Atributos químicos do solo e regeneração de espécies espontâneas originárias do banco de sementes em campo nativo sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Agrociência**. Pelotas, RS. v. 13, n. 1. p. 81-89, jan. mar. 2007.

FERREIRA, O. G. L. et al. Atributos químicos do solo e regeneração de espécies espontâneas originárias do banco de sementes em campo nativo sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, RS, v.13, n.1, p.81-89, jan. mar, 2007.

FERREIRA, O. G. L. et al. Atributos químicos do solo e regeneração de espécies espontâneas originárias do banco de sementes em campo nativo sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, RS, v.13, n.1, p.81-89, jan. mar, 2007.

FREITAS, R. R. L. et al. Efeito do manejo de base agroecológica sobre a matéria orgânica e água disponível do solo no Sertão do Cariri Paraibano. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Florianópolis, Jul.Agos. 2013.

GONÇALVES, I. C. R. **Atributos químicos e biológicos do solo e produtividade do feijão-caupi após dois anos de aplicação de lodo de curtume compostado.** Teresina, PI, 2011. 68 p. Dissertação (Mestrado), Centro de Ciências Agrárias e Biológicas, Universidade Federal do Piauí.

GONÇALVES, S. L. et al. **Decomposição de resíduos de milho e soja em função do tempo e do manejo do solo.** Embrapa Soja. Londrina, PR. I. ed. n. 3, 19 p.2010.

HANISCH, A. L.; FONSECA, J. A.; ALMEIDA, E. Efeito do Uso de Diferentes Estratégias de Manejo Agroecológico no Desempenho Produtivo da Cultura do Milho. **Revista Brasileira De Agroecologia.** n. 4 n. 2. s.l. nov. 2009.

HARTEMINK, A. E. Soil chemical and physical properties as indicators of sustainable land management under sugar cane in Papua New Guinea. **Geoderma.** Papua New Guinea, 85. p. 283- 306, 1998.

IWATA, B. F. et al. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande, PB, v.16, n.7, Jul. 2012.

JUNIO, J. A. L.; SILVA, A. L. P. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. **Enciclopédia biosfera,** Centro Científico Conhecer - Goiânia, GO, p. 1. v.6, n.11, 2010.

JUNIOR, C. C. Estoque de carbono e nitrogênio e agregação do solo sob diferentes sistemas de manejo agrícola no cerrado. Piracicaba, SP, 2008. p. 98. Dissertação (Mestrado)- Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

JUNIOR, R. L. N. **Caracterização de solos Degradados pela Atividade Agrícola e Alterações Biológicas após Reflorestamentos com Diferentes Associações de Espécies da Mata Atlântica.** Piracicaba, SP, 2000. p. 59. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura Luís de Queiróz, Universidade de São Paulo.

KAMINSKI, J. et al. Estimativa da acidez potencial em solos e sua implicação no cálculo da necessidade de calcário. **Revista brasileira de ciência do solo.** Santa Maria, RS. v. 26, p. 1107- 1113, abr. 2002.

KLIEMANN, H. J. et al. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical.** Santo Antônio de Goiás, GO. v.36, n. 1, p. 21- 28. 2006.

LAL, R. Soil management in the developing countries. **Soil Scientia.** S. 1, 165: 57-72, 2000.

LEITE, L. F. C. et al. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** Coimbra, MG, v. 27, p. 821- 832. 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Práticas de Conservação do Solo e Recuperação de Áreas Degradadas. Rio branco, AC. 19 ed. Embrapa Acre, Documentos 90. 29 p. 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Recursos Hídricos. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAN-brasil. Brasília, DF. 2005.

MORAES, M. F. et al. Mobilidade de íons em solo ácido com aplicação de calcário, ácido orgânico e material vegetal em superfície. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. s.l, v. 31, p. 673-684, 2007.

MORAN, M. A. et al. Carbon loss and optical property changes during long-term photochemical and biological degradation of estuarine dissolved organic matter. *Limnology and Oceanography*. Georgia, v. 45(6), p.1254-1264. 2000.

MOREIRA, J. A. A. et al. **Atributos Químicos e Físicos de um Latossolo Vermelho Distrófico sob Pastagens Recuperada e Degradada**. Embrapa Arroz e Feijão. Santo antonio de goiás, GO. 1 ed. n. 9, 20 p. 2004.

MOREIRA, J. A. A. et al. Atributos químicos e físicos de um latossolo vermelho distrófico sob pastagens recuperada e degradada. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. Goiania, GO. v. 35, p. 155-161, ago. 2005.

MUZILLI, O. SIMPÓSIO SOBRE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 3., Manejo da matéria orgânica no sistema de plantio direto. Londrina, PR 2002. IAPA. p. 10-12.

NA SALA COM GISMONTI, assuntos sobre agronomia. Disponível em <<http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2010/04/acidez-do-soloativa-e-potencial.html>> acesso em 24 de outubro de 2013, as 11h22min.

NETO, F. N. et al. atributos de solo e cultura espacialmente distribuídos relacionados ao rendimento do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Guarapuava, PR. 35: p. 1025-1036, 2011.

NETO, O. N. S. **Análise Multivariada dos Atributos Físicos e Químicos de um Cambissolo Cultivado Sob Práticas de Manejo Sustentável da Caatinga**. Mossoró, RN, 2013. p. 80. Dissertação (Mestrado), Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi Árido.

NETO, V. P. C. **Atributos microbiológicos do solo em área de pastagem degradada e em áreas reabilitadas sob manejo agroecológico**. Parnaíba, PI, 2013. p. 46. Monografia (Graduação), Universidade Estadual do Piauí.

NOGUEIRA, E. D. et al. Atributos químicos do solo sob diferentes coberturas vegetais em áreas do platô de Neópolis. *Scientia Plena*, Neópolis, RS, v. 8, n.4. Fev. 2012.

NUNES, D. A. D. **Mineralização de fósforo orgânico em solos sob leguminosas florestais, floresta secundária e pastagem**. Campos dos Goitacazes, RJ, 2011. p. 53. Dissertação

(Mestrado)- Universidade Estadual do Norte Fluminense.

OLIVEIRA, B. S. Atributos físicos e biológicos do solo em sistema de integração lavoura pecuária-floresta, na Amazônia meridional. Tangará da Serra, MT, 2013. p. 78. Dissertação(Mestrado)- Universidade do Estado do Mato Grosso.

OLIVEIRA, I. P. et al. Manutenção e correção da fertilidade do solo para inserção do cerrado no processo produtivo. *Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos*. Goiás, v. 1, n. 1, p. 50-64. Agos. 2005.

ONUBR. Nações unidas no brasil. Cerca de 25% dos solos do planeta estão degradados, revela relatório da FAO. Disponível em <<http://www.onu.org.br/cerca-de-25-dos-solos-do-planeta-estao-degradados-revele-relatorio-da-fao/>> acessado em 12 de outubro de 2013, as 10h05min AM.

PEREIRA, R.G. et al. Atributos químicos do solo influenciados por sistemas de manejo. *Revista Caatinga*. Mossoró, RN, v.22, n.1, p.78-84, jan. mar, 2009. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, DF. v.20, n.7, p.775-782, jul. 1985.

PORTUGAL, A. F. et al. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da zona da mata mineira. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*. s.l, v. 34, p. 575-585, 2010

PRIMAVESI, A. A agricultura em regiões tropicais: manejo ecológico do solo. São Paulo: Nobel, 1992. 549 p. Embrapa Amazônia Ocidental.

PRIMAVESI, A. M. Agroecologia e Manejo do Solo. *Agriculturas*. v. 5, n. 3, set. 2008.

RAIJ, B. V. et al. A análise de solo no Brasil no período 1972-1981. In: REUNIAO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO. *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, SP, 1983.

RAMOS, F. O. et al. Avaliação da fertilidade dos solos em áreas preservadas e degradadas as margens do córrego machado no município de palmas. Palmas, TO, 2009. P. 15. (Graduandos do curso de tecnologia em gestão ambiental), Faculdade Católica do Tocantins.

REICHERT, L. J. et al. Agricultura de Base Ecológica Como Instrumento para o Desenvolvimento Rural Sustentável: Análise Conjuntural de uma Unidade Agrícola Familiar sob a Ótica da Produção Agroecológica com Enfoque Sistêmico. *Revista brasileira de agroecologia*. Rio Grande do Sul. v. 4 n. 2. Nov. 2009.

RESCK, D. V. S. et al. manejo do solo sob um enfoque sistêmico. Savana: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. S.l S.ed. /1991/? Cap. 14, p. 417- 468.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado. Embrapa monitoramento por satélite, campinas, ed.1, p. 26, nov. 2010.

ROSOLEM, C. A. et al. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de

milheto e chuva simulada. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, DF. v. 41, n. 6, p. 1033-1040, jun.2006.

ROSOLEM, C. A. et al. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milheto e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF. v. 41, n. 6, p. 1033- 1040, jun. 2006.

RURALBR. **FAO aponta que degradação do solo aumentou nos últimos 20 anos**. Disponível em <<http://www.clicrbs.com.br/especial/rs/expointer2010/19,0,2018317>, FAO-aponta-que-degradacao-do-solo-aumentou-nos-ultimos-20-anos.html > acesso em 16 de outubro de 2013, as 15h47 min.

SANTI, A. L. et al. Análise de componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.9, p.1346-1357, set. 2012.

SANTIAGO, F. S. et al. Atributos do solo em sistemas agroecológico e convencional de hortaliças no Sertão Central do Ceará. In: **XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, Florianópolis, jul. agos. 2013.

SANTOS, D. R. **Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos**. Porto alegre, RS, 2000. p. 210. Tese (Doutorado)- Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SANTOS, G. G. et al. Atributos químicos e estabilidade de agregados sob diferentes culturas de cobertura em Latossolo do cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB. v. 16, n.11, p. 1171- 1178, 2012.

SANTOS, R. V. et al. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Interações salinidade fertilidade do solo. s.ed, Fortaleza, 2010. Cap. 4, p. 222- 267.

SANTOS, V. B. **Atributos de solos sob cultivo de frutíferas em sistemas de manejo convencional, em transição e orgânico no norte do estado do Piauí**. Jaboticabal, SP, 2010. p. 120. Tese (Doutorado)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

SCHEER, M. B. **Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em um trecho de floresta ombrófila densa aluvial em regeneração**. **Floresta**. Curitiba, PR. v. 38, n. 2, jun. 2008.

SILVA, A. B. et al. Estoque de serapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de brachiaria decumbens após implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras. **Revista Brasileira de Ciencia de Solo**. s. 1, v. 37, p.502-511, 2013.

SILVA, D. C. et al. Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa. **REA – Revista de Estudos Ambientais**. v.13, n. 1, p. 77-86, s.l. Jan. jun. 2011.

- SILVA, G. R. et al. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um latossolo amarelo do Estado do Pará. *Acta Amazonica*, Manaus, AM. V. 36, n. 2. 2006.
- SILVA, M. A. S. et al. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um argissolo vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Ribeirão Preto, SP, v. 30. p. 329-337, 2006.
- SILVEIRA, P. M. et al. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. Goiânia, v. 40, n. 3, p. 283-290, jul. set. 2010.
- SOUSA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. viçosa, v. 27, n.1, p. 133- 139, 2003.
- STEINER, F. et al. Atributos químicos do solo em diferentes sistemas de culturas e fontes de adubação. *Global science and technology*. s.l. v.04, n.01, p.16-28, jan. abr. 2011.
- STEINER, F. et al. Carbono orgânico e carbono residual do solo em sistema de plantio direto, submetido a diferentes manejos. *Revista brasileira de ciências agrárias*. Recife, PE. v. 6, n. 3. p. 401- 408, jul. set. 2011.
- TEIXEIRA, I. R. et al. Variação dos valores de ph e dos teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro em profundidade em argissolo vermelho-amarelo, sob diferentes sistemas de preparo de solo. *Bragantia*. Campinas, SP. v. 62,n. 1. p. 119- 126, jan. 2003.
- THOMAZINI, A. et al. Avaliação das características químicas de solos em superfície sob cultivo de café, consórcios e sistemas agrofloretais na microrregião do caparaó – ES. In: XV ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. In: XI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS GRADUAÇÃO. Universidade do Vale do Paraíba. 2011.
- VÁSQUEZ, S. F. et al. Alternativas à agricultura convencional. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. Mossoró, RN. v. 3, n. 3, p. 06- 12. Jul. set. 2008.
- ZALAMENA, J. Impacto do uso da terra nos atributos químicos e físicos de solos do rebordo do planalto. Santa Maria, RS, 2008. p. 79. Dissertação (Mestrado)- Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria.